



Обзор применяемых в Сандии эйлеровых методов и методик измельчения блочной адаптивной сетки

***Совместная российско-американская
конференция пяти лабораторий***

Вена, Австрия, 19-23 июня 2005 года

**Д. А. Кроуфорд и Д. М. Хенсингер
Сандийские национальные лаборатории
Альбукерке, Нью-Мексико, США**

Сандия является многопрофильной лабораторией, которая управляет Корпорацией «Сандия»,
принадлежащей компании «Локхид Мартин», для Администрации по национальной ядерной безопасности
Минэнергетики США в рамках контракта DE-AC04-94AL85000.



Используемые в Сандии эйлеровы гидрокоды для расчетов в области физики ударных воздействий

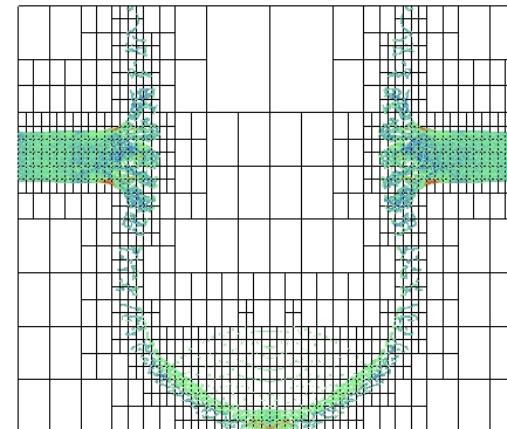
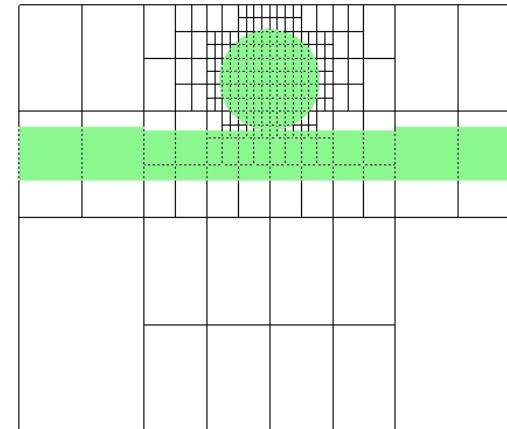
- СТН («Си-Ти-Эйч»)
 - Длительная история разработки (ранние версии восходят к 1969 году)
 - Широко используется в Сандии и других местах
 - Быстродействующий, надежный и автономный код
 - Языки программирования: Фортран, Си
- Криволинейный многоблочный структурированный код «АЛЕГРА»
 - Сравнительно недавно разработан
 - Часть системы мультифизических расчетов
 - Предоставляет компонент, необходимый для решения задач, которые требуют учета динамики ударных воздействий в совокупности с другими физическими процессами
 - Языки программирования: Си++, Фортран

Код СТН: общая информация

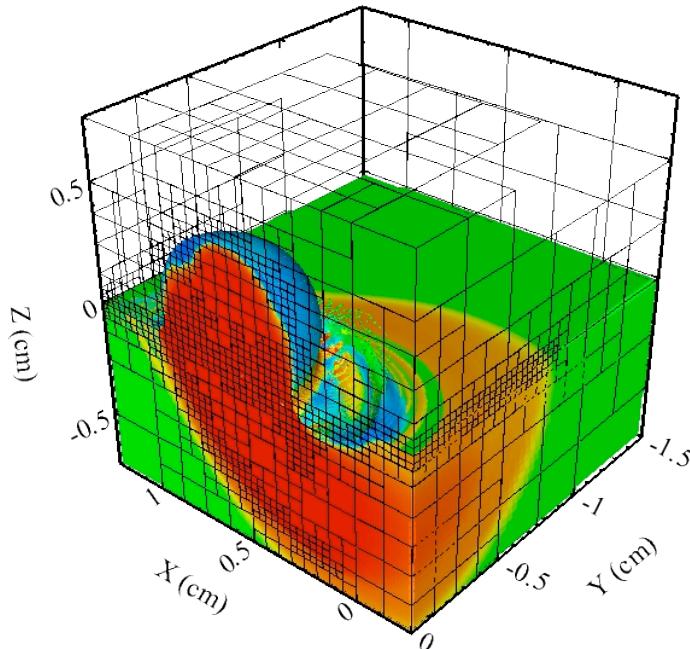
- Эйлеров код физики ударных воздействий, который решает уравнения сохранения массы, количества движения и энергии для примерно 20 материалов
 - Аналитические и табличные представления уравнений состояния для
 - газов, жидкостей, твердых тел, реактивных материалов
 - Усовершенствованные модели прочности и разрушения
 - Измельчение адаптивной сетки (AMR)
- Легкость использования
 - Легкость описания сетки, ввода геометрии, начальных условий
 - Встроенные таблицы параметров хорошо известных материалов
 - Легкие в использовании постпроцессорные средства включены в пакет кода
- Быстрота и надежность
 - Фортран → быстрота
 - Большая база программ, использующих итерационные методы → надежность
 - Быстрое аналитическое решение задачи
- Широко используется примерно ~1 000 пользователей в США
 - Правильность кода всесторонне проверена и подтверждена

Измельчение адаптивной сетки (AMR) в коде СТН (подход)

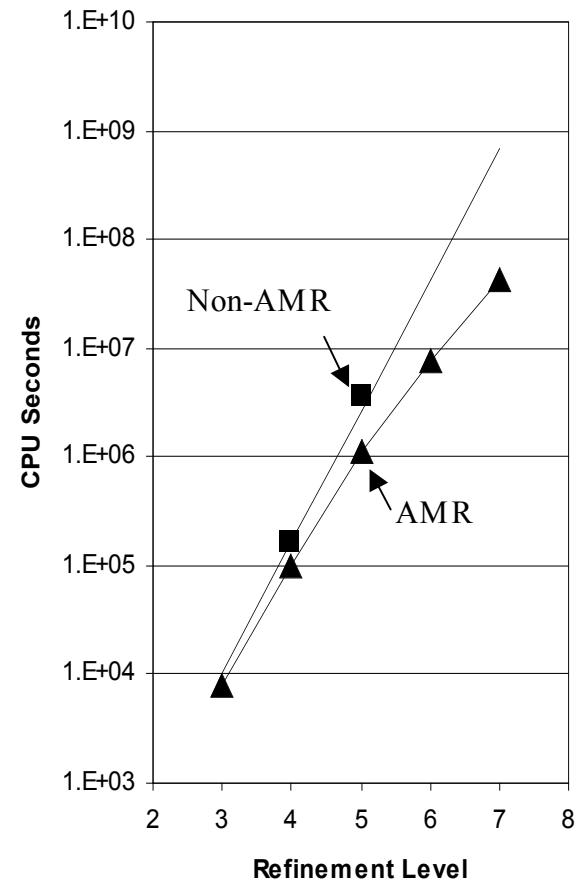
- Блочная сетка
- Существует в двух- и трехмерной геометрии
- Идентичная логическая сетка на блок
- Изотропное измельчение 2:1
- Один временной шаг для всех блоков
- Балансировка загрузки на каждом блоке
- Задаваемые пользователем параметры измельчения
- Выполнение задачи начинается с шага итеративного измельчения и балансировки загрузки



Измельчение адаптивной сетки (AMR) в коде СТН (масштабирование задачи)



- AMR часто приводит к значительному улучшению работы кода
- Метод AMR в коде СТН нашел широкое применение в связи с явным демонстрируемым повышением производительности выполняемых расчетов



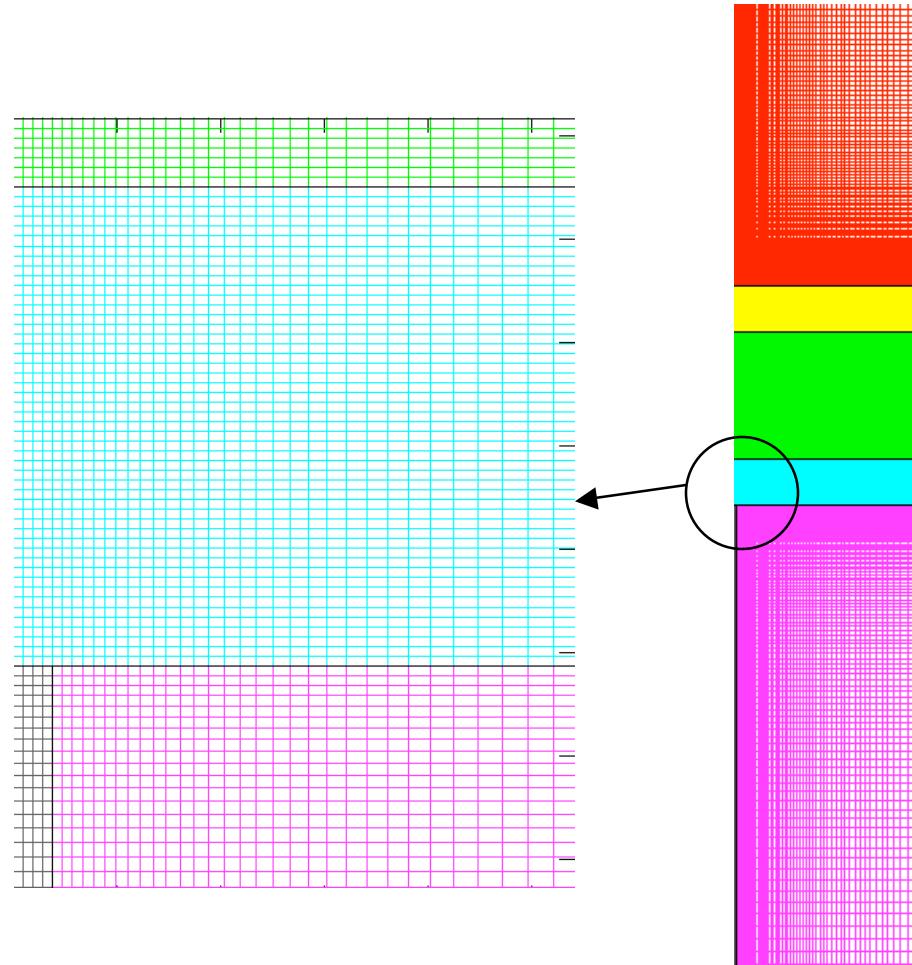
Каждый дальнейший шаг измельчения составляет 1/8 от объема ячейки

Криволинейный многоблочный структурированный код «АЛЕГРА»

- Динамика твердых тел и гидродинамика
- Код ALE (в произвольной лагранже-эйлеровой постановке): «АЛЕГРА» может выполнять моделирование в сплошной среде, начиная от континуума Лагранжа и до континуума Эйлера
- Многочисленные материалы в различных состояниях: элементы могут содержать любое количество материалов, причем каждый в уникальном состоянии
- Элементы, интегрированные в одной точке: все параметры, присущие элементам, измеряются в центре элемента, скорости считаются в узлах элемента
- Временной шаг начинается с лагранжева шага, за которым следует шаг перестройки сетки/переноса полей
 - Лагранжев шаг:
 - На узлах собираются массы и силы
 - Интегрируется $F=ma$ прямой прогонкой по времени с использованием разнесенного по времени шага
 - Уточняются состояния материалов, исходя из скорости деформации элемента
 - Шаг перестройки сетки/переноса полей:
 - Перемещение узлов в первоначальные координаты для эйлерова анализа
 - Параметры элементов и материалов переносятся, исходя из потоков элементов
 - Узловые параметры переносятся с использованием полуинтервального сдвига

Криволинейная многоблочная сетка

- Позволяет
 - произвольно располагать узлы
 - произвольно устанавливать связи между блоками
 - использовать произвольное количество блоков
 - произвольное количество элементов в направлениях i, j, k для каждого блока
- Позволяет реализовать
 - конформную геометрию
 - бюджетность обсчета элементов



Сетка для расчета гидродинамической струи

Пример: Эволюция сетки для расчета гидродинамической струи

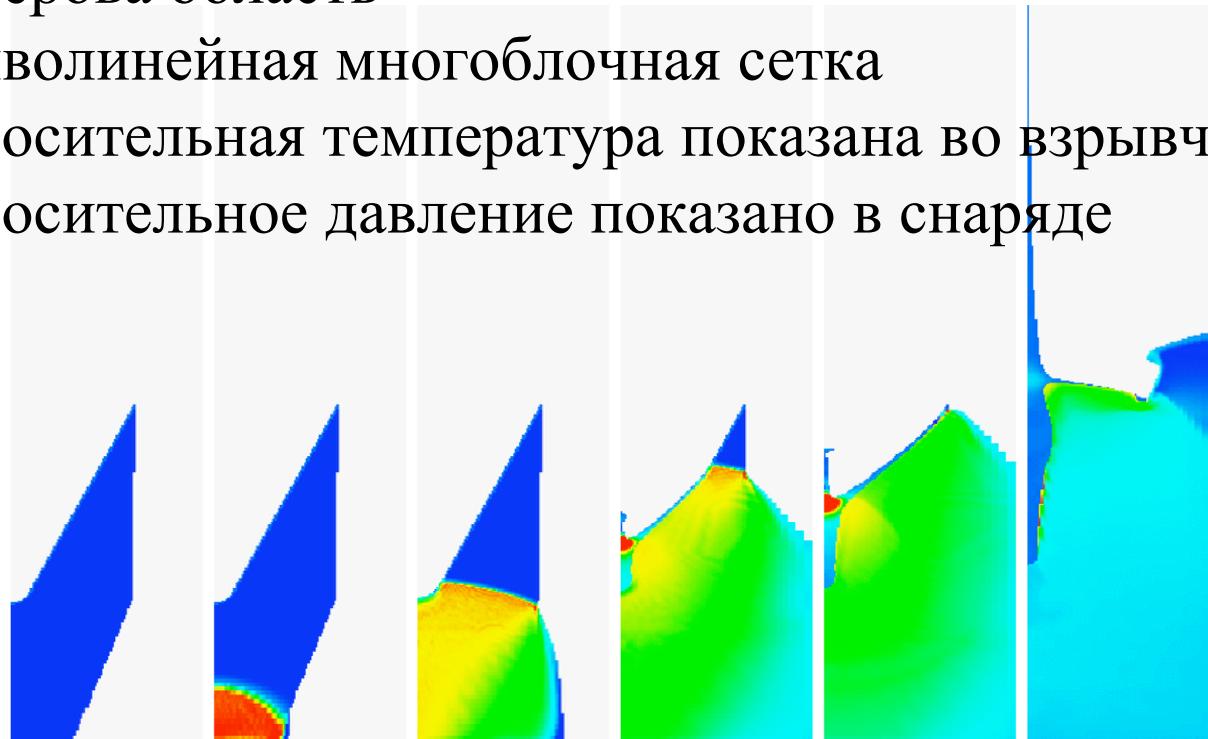
Взрывного действия

Эйлерова область

Криволинейная многоблочная сетка

Относительная температура показана во взрывчатке

Относительное давление показано в снаряде



Выводы

- Код СТН будет по-прежнему широко применяться для решения общих задач физики ударных воздействий ввиду легкости его использования, производительности и надежности выполняемых им расчетов.
- Код «АЛЕГРА» находит применение в качестве платформы для проведения исследований и разработок современных численных методов решения задач физики ударных воздействий и объединенных методик решения задач из других разделов физики.
- Поскольку коды СТН и «АЛЕГРА» используют много общих моделей материалов и методик решения, оба они рассматриваются в Сандии как перспективные подходы к проведению расчетов в области физики ударных воздействий и выработке долговременных стратегий будущего.